

Power semiconductor circuit with multiple paired power semiconductor devices

Patent Number: DE19519538

Publication date: 1996-11-28

Inventor(s): MOURICK PAUL DR (DE)

Applicant(s): EXPORT CONTOR AUSENHANDELSGESE (DE)

Requested Patent: DE19519538

Application Number: DE19951019538 19950527

Priority Number(s): DE19951019538 19950527

IPC Classification: H02M1/00; H01L25/07

EC Classification: H01L25/16, H02M1/00

Equivalents:

---

Abstract

---

The power semiconductor circuit includes two, four, eight, or a multiple of series, parallel power semiconductor devices, e.g. MOSFET or Igbt, between a positive and negative current terminal of a DC voltage source and an inverter, or between an AC source and a rectifier. The positive and negative current terminal of the semiconductors are closely adjacent as an intermediate circuit, only separated by an insulating foil. The power semiconductor devices are arranged in pairs of the same length and cross-section up to the main terminal in a symmetrical manner. All connections of the intermediate to an outer circuit are of low inductivity. Capacitors with min. parasitic inductivity are incorporated between DC main terminals with electrically alternating series of their terminals.

---

Data supplied from the esp@cenet database - 12



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 195 19 538 A 1

⑤① Int. Cl. 8:  
H 02 M 1/00  
H 01 L 25/07

②① Akt nzeichen: 195 19 538.8  
②② Anmeldetag: 27. 5. 95  
②③ Offenlegungstag: 28. 11. 98

DE 195 19 538 A 1

⑦① Anmelder:

Export-Contor Außenhandelsgesellschaft mbH,  
90431 Nürnberg, DE

⑦② Erfinder:

Mourick, Paul, Dr., 90768 Fürth, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE	42 32 763 C2
DE	42 30 510 C1
DE	41 10 339 C2
US	51 72 310
WO	93 01 648

EPE-Journal, Vol. 4, No. 2, Juni 1994, S. 38-42;

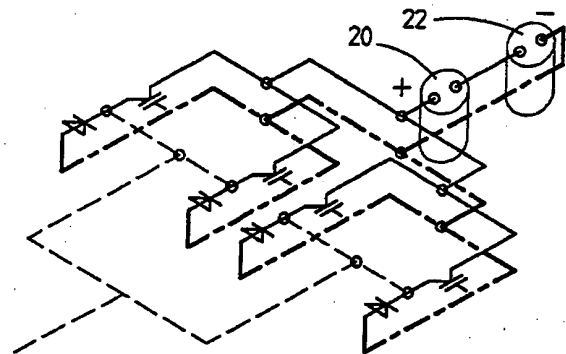
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Induktivitätsarme Schaltungsanordnung

⑤⑦ Parasitäre Induktivitäten gewinnen immer mehr an Gewicht bei der Erzielung einer hohen Leistungsdichte von Halbleiterschaltungsanordnungen. Die Gestaltung von Hochleistungsschaltungsanordnungen erfordert deshalb neben der Beachtung gleicher statischer und dynamischer Parameter der einzelnen Leistungshalbleiterbauelemente, insbesondere der MOSFET und der IGBT, wie auch der kompatiblen Freilaufdioden, in immer stärkerem Maße die Beachtung bestimmter Zusammenbauerfordernisse bei parallelgeschalteten Kommutierungskreisen in einer Schaltungsanordnung.

Die Erfindung gibt wesentliche Gesichtspunkte als Forderung an, wie sie beim Aufbau von kurzschlußsicheren Schaltungsanordnungen von Bedeutung sind. Die Gleichstromanschlüsse oder -zwischenkreise müssen danach nicht nur eng benachbart angeordnet sein, sondern müssen bei Parallelschaltung zudem jeweils paarig oder gleichbedeutend mit gleichen parasitären Induktivitäten behaftet zusammengefaßt werden. Bei der Gestaltung der Zwischenkreise aus mehreren Teilsegmenten ist eine niederinduktive Verbindung erforderlich, Varianten dafür werden vorgestellt. Die Einbindung von Kondensatoren in gleichstromführende Zwischenkreise besitzt wenig konstruktive Freiheitsgrade, eine definierte geometrische Lage im Schaltungsaufbau ergibt kleine Werte der parasitären Induktivitäten.

Erfindungsgemäße Schaltungsanordnungen zeichnen sich gegenüber herkömmliche durch eine größere Leistungsdichte und wesentlich geringere Ausfallrate aus. Die ...



DE 195 19 538 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 98 602 048/386

8/25

## Beschreibung

Die Erfindung beschreibt eine induktivitätsarme Schaltungsanordnung für Stromumrichter nach den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1. Derartige Schaltungsanordnungen sind mehrfach aus der Literatur bekannt. Die Problematik der parasitären Streuinduktivitäten bei Schaltungsanordnungen gewinnt zunehmend an Bedeutung bei der weiteren Erhöhung der Leistungsdichte von Schaltungsanordnungen.

Bei Einsatz von Transistorschaltern aus neuer Entwicklung, wie es IGBT und MOSFET darstellen, können die Streuinduktivitäten zur Beeinflussung der Ansteuerung und damit zu Fehlsteuerungen führen, was seinerseits zum Ausfall der Schaltungsanordnung führen kann. Zumindest ist die Höchstleistung von Schaltungsanordnungen dadurch gemindert, wenn nicht alle Faktoren zur Reduzierung der bei dem Betrieb von Schaltungsanordnungen auftretenden Streuinduktivitäten konstruktiv so berücksichtigt worden sind, daß ein Minimum sowie eine Symmetrierung der parasitären Induktivitäten angestrebt worden ist.

Ein induktivitätsarmer Aufbau ist somit bereits in der kleinsten Zelle, dem vorzugsweise auf DCB-Keramiken gelöteten Kommutierungskreis, bestehend aus einer mit Kupferätzstrukturen versehenen DCB-Keramik, dem Transistorschalter und der dazugehörigen Freilaufdiode, erforderlich, diese Problematik ist beispielhaft Gegenstand der Erfindung in DE 41 05 155. Die Streuinduktivität gewinnt zunehmend an Bedeutung bei Parallel- und Zusammenschaltung mehrerer Kommutierungskreise.

Ein elektrisch eng benachbartes Anordnen der IGBT-Chips mit den zum Kommutierungskreis gehörenden Freilaufdioden sorgt für die Minimierung der auftretenden parasitären Induktivitäten. Es ist bei der Gestaltung der Ätzstruktur des Kupfers weiterhin darauf Wert zu legen, daß in dem Gatestromkreis bei der Verwendung von MOSFET oder IGBT als Schalttransistoren keine Magnetfeldverläufe der gleichstromführenden Zu- und Ableitungen vorhanden sind.

Wie Erprobungen gezeigt haben, sind wesentliche Gesichtspunkte zur Reduzierung von parasitären Induktivitäten auch in der äußeren Verschaltung der Schaltungsanordnung wichtig.

Möglichkeiten zur Verringerung der Induktivität ergeben sich erfindungsgemäß nach DE 42 40 501 dadurch, daß der positive und der negative Stromanschluß für die Schaltungsanordnung nicht nur eng beieinander liegen, sondern aus mehreren Teilanschlüssen gebildet werden, die ihrerseits möglichst symmetrisch an die einzelnen Schalter heranzuführen sind.

Beim Aufbau einer Leistungsschaltungsanordnung sind überwiegend mehrere Kommutierungskreise zusammengeschaltet. Die Vermeidung parasitärer Induktivitäten in allen gleichstromführenden Verbindungselementen ist hier Voraussetzung zur Erzielung höchster Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit. Das ist Gegenstand dieser Erfindung.

Die praktischen Erfahrungen mit Leistungsschaltungsanordnungen haben gezeigt, daß ein Aufbau unter Zuhilfenahme eines flächigen Zwischenkreises positive Wirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Schaltung besitzt. Als Zwischenkreis wird die schaltungsinterne Verbindungstechnik der Einzelschalter zu einer Schaltungseinheit bezeichnet. Er bewirkt eine Gleichspannungsglättung (wegen der Netzgleichrichtung und der pulsformigen Ausgangsströme), dient als Energiespeicher

(bei Netzausfall und bei der Rückspeisung in Bremsstellern) und gleichzeitig zur Entstörung (Netzentkopplung und Begrenzung von Überspannungen) der Schaltungsanordnung. Die flächige Ausführung von Zwischenkreisen ist auch in CH 5676/84 beschrieben. Hier wurden die Erfahrungen, wie sie in DE 34 20 535 aufgeführt sind, ausgebaut. Auch DE 41 10 339 beschreibt eine Wechselrichtereinheit mit verbesserter Stromleiterplattenkonfiguration.

Durch Verringerung der parasitären Induktivitäten werden die schädlichen Überspannungen beim Abschaltvorgang reduziert und damit die Wirksamkeit der Schaltung erhöht (die Stromänderung in der Zeiteinheit  $-di/dt-$  wird hier nicht diskutiert, da das nicht relevant für die Erfindung ist). Die dem Stand der Technik zuzurechnenden Maßnahmen beinhalten die Verwendung geeigneter paralleler Kupferplatten als Stromschienen, Minimieren der stromdurchflossenen Flächen, Minimieren der Isolationsschichtdicke bei eng benachbarten Platten der gegensätzlichen Pole, Parallelschalten von parasitären Induktivitäten und Zusammenfassen der gleichpoligen Schienen über kurze Wege bei großem Leitungsquerschnitt.

Der Zwischenkreis als flächige Ausführung kann bei entsprechender Formgebung einen Teil der Überspannungen reduzieren, durch geeignete Anordnung von Elektrolytkondensatoren ist eine weitere Reduzierung möglich, diesen sind jedoch auch größere interne parasitäre Induktivitäten eigen. Impulskondensatoren sind schaltungstechnisch am Zwischenkreis vorteilhafter zuschaltbar, um Schwingungen zu dämpfen und Zusatzverluste der Schaltung zu verhindern. Impulskondensatoren haben den Vorzug wegen ihrer besseren Eigenschaften bei hohen Frequenzen und sie können räumlich nahe bei den Leistungsschaltern positioniert werden, ihre internen parasitären Induktivitäten sind geringer, typisch um mehr als den Faktor zehn, als bei Elektrolytkondensatoren.

Die Erfindung hat die Aufgabe, einen niederinduktiven Aufbau der Zwischenkreisverschienung von Leistungshalbleiterschaltungsaufbauten darzustellen und zerstörungsfrei leicht demontierbare niederinduktive Verbindungen untereinander und zu den erforderlichen Kondensatoren anzugeben.

Die Aufgabe wird bei Schaltungsanordnungen der dargestellten Art durch die Maßnahmen des kennzeichnenden Teiles des Anspruches 1. gelöst, bevorzugte Weiterbildungen werden in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Schaltungsanordnungen für höchste Leistungsanforderungen lassen sich nur durch Parallelschaltung mehrerer Schalttransistoren und Kommutierungskreise realisieren.

Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit und einen stabilen Betrieb ist folglich deren gleichmäßiges Schaltverhalten in der Verbindung der Gesamteinheit. Bei dem Einsatz von MOSFET oder IGBT ist das nur dann gewährleistet, wenn die parasitären Induktivitäten und ohmschen Widerstände in den Kollektoren bzw. in den Emittern aller Schalter untereinander gleich sind. Ungleiche Weglängen zu den Kollektoren bzw. Emittern führen weiterhin zu Unterschieden im Schaltverhalten auch dann, wenn die Summe der Kollektor- und Emitterinduktivitäten jeweils pro IGBT gleich sind. Bei Kurzschlußabschaltung ist dieses unterschiedliche Verhalten am ehesten feststellbar. Die zu vermeidenden Unterschiede führen zu unterschiedlichen Schaltverlusten, wie:

- zu unterschiedlichen dynamischen Stromaufteilungen mit der Gefahr der Zerstörung bzw. Überlastung einzelner IGBT-Schalter,
- zu unterschiedlichen Junctiontemperaturen und
- zu dynamischen Potentialunterschieden in den Emittern speziell von IGBT, hervorgerufen durch unterschiedliche Stromaufteilungen in der Parallelschaltung, sog. Emitterverschiebungen, bzw.
- zu Gatespannungsüberhöhungen.

Emitterverschiebungen bewirken hierbei Potentialunterschiede in den Emittern der Schalttransistoren, was zur Mehrbelastung einzelner Schalter und bei Kurzschlußbelastung zur Zerstörung des überlasteten Schalters und damit nach der Kettenreaktion der gesamten Schaltungsanordnung führen kann. Es sind also unbedingt zu hohe Gateemitterspannungen oder zu hohe Kollektorströme bzw. Überspannungen zu vermeiden.

Durch mehrere schaltungstechnisch realisierbare Maßnahmen ist eine minimierte Induktivität erreichbar, die gleichmäßig über alle Schaltungsteile wirkt. Die flächigen Zwischenkreise müssen als Verbinder ihrerseits eine niederohmige Verbindung zu den übrigen Schaltungsteilen und bei Einsatz mehrerer Teilsegmente untereinander besitzen. Dem Stand der Technik entsprechende Ausführungen besitzen bei zwei flächigen Gleichstromleitern aus Kupfer mit einer dünnen Isolatorschicht einen minimalen Abstand von einander und sind, wenn aus mehreren Teilen aufgebaut, mittels Laschen oder Flanschen verschraubt.

Die Zugänglichkeit ist zumindest teilweise bei der Verschraubung oder Demontage erschwert, da nicht leicht zugänglich. Ein kreisförmiger Aufbau der Schaltungsanordnung ist gut denkbar und für bestimmte Anwendungen realisierbar, jedoch räumlich für Leistungsschalter mit höchster Leistungsanforderung nur mit größerem Platzbedarf möglich. Wegen der fachlichen Vollständigkeit sei hier aufgeführt, daß in solch einer geometrischen Gestaltung auch Schaltungsanordnungen mit drei oder fünf parallelgeschalteten Kommutierungskreisen erfindungsgerecht induktivitätsarm darstellbar sind. Entscheidend ist hier der gleiche Abstand der einzelnen Kommutierungskeise von dem Einspeisungshauptanschluß bei Wechselrichterschaltungen bzw. von dem Hauptlastanschluß bei Gleichrichterschaltungen.

Nachfolgend werden die Erfindungsgedanken an Hand von skizzenhaften Darstellungen näher erläutert:

Fig. 1 stellt eine erfindungsgerechte niederinduktive Verbindung von Zwischenkreisteilsegmenten dar.

Fig. 2 skizziert die erfindungsgerechte niederinduktive Einbindung der Kondensatoren am Zwischenkreis.

Fig. 3 zeigt ein erfindungsgerechtes Schaltbild der Zwischenkreisverschaltung von parallelgeschalteten Modulen.

Fig. 4 skizziert eine funktionell störanfällige Zwischenkreisverschaltung analog zu Fig. 3.

Fig. 5 skizziert das Schaltbild einer erfindungsgerechten Schaltungsanordnung.

Fig. 1 skizziert eine niederinduktive Verschraubung, die vorzüglich für die galvanische und induktivitätsarme Verbindung mehrerer Teilsegmente von Zwischenkreisen geeignet ist. Die Darstellung zeigt zwei flächige Kupferleiter (4, 4') -Pluspol-, die getrennt durch eine Isolierfolie (2) eng benachbart zu den anderen flächigen Kupferleitern (6, 6') -Minuspol- so durch die Formgebung hergestellt und positioniert sind, daß die erfindungsgemäße Verbindung realisiert werden kann. Dazu werden zwei rechteckige, der Breite der flächigen Kupferleiter angepaßte Kupferschellen (8) aus durch Legieren gehärtetem und elektrisch gut leitfähigem Kupfer, hier im Querschnitt dargestellt, je eine für den positiven und negativen Pol, paßgenau in den Spalt der flächigen Kupferleiter (zwischen 4 und 4', bzw. 6 und 6') positioniert.

Zur geometrischen Stabilisierung besitzen die Schellen (8) eine Querschnittsvergrößerung, so daß bei der späteren Verschraubung und unterschiedlicher mechanischer und thermischer Beanspruchung keine ungewollte Verformung auftritt. Die Schellen (8) überlappen in den Außenbereichen die Kupferleiter (4, 4', 6, 6'), um ein Mehrfaches der Leiterdicke, so daß keine Leitereinengung vorhanden und eine mechanisch feste Verbindung nach Verschraubung gegeben ist. Der galvanische und mechanisch stabile Kontakt zwischen dem Kupferleiter (4) und Kupferleiter (4'), bzw. Kupferleiter (6), und dem Kupferleiter (6'), wird punktuell an mehreren Stellen der Schellen (8) durch Verschrauben (18) hergestellt. Die Bolzen werden dazu durch Isolierhülsen (12, 14) geführt. Die Isolierhülsen (12) bestehen aus einem mechanisch den Anforderungen entsprechenden harten Isolierstoff die Isolierhülsen (14) werden aus einem weichen und damit kompressiblen Isolierstoff gebildet.

Die Verschraubung erhält ihre Vorspannung durch beidseitig angeordnete Tellerfedern (16), die ihrerseits gegen die Auflageflächen auf den Rändern der Laschen (8) galvanisch durch Ronden (10) aus mechanisch hartem Isolierstoff getrennt sind. Nach dem Verspannen der Verschraubung liegen die Isolierstoffhülsen (12) und (14) gepreßt aufeinander. Die erforderlichen elektrischen Kriechstrecken werden durch Aussparungen der Schellen (8) an den Orten der Verschraubung eingehalten, so daß kein elektrischer Überschlag stattfindet. Dabei sind die zentrischen Öffnungen der Ronden (10) im Durchmesser den Mantelmaßen der Hülse (14) und den Bolzenstärken der Verschraubung (18) angepaßt.

Durch diesen erfinderischen Verbinder ist die stromumflossene Fläche minimiert. Die beiden Tellerfedern (16) gewährleisten einen zuverlässigen Druckkontakt auch bei wechselnden Temperaturen.

Es sind wenig, aber dafür ausschließlich gut zugängliche Verschraubungen erforderlich, die nur bis zum Aufheben der Federkraft der Tellerfedern (16) gelöst zu werden brauchen, wenn eine Demontage erforderlich ist, wobei zu den Zwecken einer guten Montage auf der unzugänglichen Montageseite eine Ärrretierung des Bolzens der Verschraubung (18) sehr sinnvoll ist. Die Montage der Schaltungsanordnung wird wesentlich durch Teilsegmente der Zwischenkreise erleichtert. Durch solch einen Aufbau ist eine leichte und zerstörungsfreie Demontage zu dem Zweck der Einzelprüfung und des Auswechsels einzelner Schaltungsteile gegeben.

Fig. 2 skizziert die erfindungsgerechte Einbindung der Kondensatoren am Zwischenkreis. In den überwiegend meisten Schaltungsanordnungen ist das Einbinden von Kondensatoren (20, 22) in den Zwischenkreis (2, 4, 6) erforderlich und wegen der Spannungsfestigkeit ist eine Reihenschaltung von mindestens zwei Kondensatoren erforderlich. Zur Minimierung der stromumflossenen Fläche an den Stellen der Kondensatoreinbindung ist die geometrische Anordnung entscheidend. Das ist durch die Art, wie sie in Fig. 2a in Draufsicht und in Fig. 2b in Seitenansicht dargestellt ist, weitestgehend realisiert. Die Kupferleiter (4, 6), wie sie bereits zu Fig. 1 dargestellt wurden, haben auch hier eine eng benach-

barte Lage, sie sind wiederum durch eine Folie (2) galvanisch von einander getrennt. Die Verbindung (24) des einen Kondensatorpoles von (20) mit dem Gegenpol von (22) liegt eng benachbart an der Stromschiene (6) nur durch eine Isolierfolie (2) getrennt, wodurch die erfindersische niederinduktive Kondensatorreihenschaltung realisiert wird.

Werden die elektrischen Pole der Gleichspannung bei Reihenschaltung von zwei oder mehr Kondensatoren mit alternierender elektrischer Poligkeit in einer Linie galvanisch mit dem entsprechenden Pol der Zwischenkreisschiene verbunden, dann ist die stromumflossene Fläche und damit die parasitäre Induktivität der Kondensatorverschienung minimiert. Die flächige Ausbildung der Kupferleiter (4 und 6) wurde in der Skizze 2a und 2b nicht dargestellt.

Ist eine Parallelschaltung von Kondensatoren neben der erläuterten Reihenschaltung erforderlich, dann ist das bei einem flächigen Zwischenkreis sehr einfach möglich. Die Parallelreihe der nächsten Kondensatoren werden analog zur ersten Reihe in den Gleichstromhauptanschluß des Zwischenkreises eingebunden.

Der Reiheneingang aller paralleler Kondensatoren wird mit der einen und der Reihenausgang aller paralleler Kondensatoren wird mit der anderen Zwischenkreisschiene verbunden, oder die vordere Reihe (20) und die hintere Reihe (22) werden jeweils mit gleichen Polen untereinander verbunden und so parallelgeschaltet. Die Verbindung (24) kann flächig alle entsprechenden Pole der parallelen Kondensatorlinien verbinden oder jede einzelne Reihe getrennt elektrisch verbinden, wodurch dann der Gesamtblock der parallelgeschalteten Kondensatoren eine alternierende Kettung der Polung aufweist. Auf die Darstellung der übrigen Beschaltungselemente, wie sie sinnvoll für eine gute Funktionssicherheit der Zwischenkreise erforderlich sind, wurde hier verzichtet, da das nicht erfindungsrelevant ist.

Fig. 3 zeigt ein erfindungsgerechtes Schaltbild der Zwischenkreisverschienung von parallelgeschalteten Module als Funktionsskizze. Es soll das Prinzip des Schaltungsaufbaus zur Minimierung der parasitären Induktivitäten aufgezeigt werden. Bei der Parallelschaltung von Einzelschaltern in einer Schaltungsanordnung ist insbesondere die Emittergegenkopplung beachtlich. Sie wird durch parasitäre Induktivitäten bewirkt und die daraus resultierenden Spannungen sind den treibenden Spannungen entgegengerichtet. Deshalb ist ein gleichförmiges Schalten der Einzelschalter erforderlich und die Vermeidung der für die Funktion der Schaltungsanordnung schädlichen Emitterverschiebung.

Neben einer guten Wahl der Schalttransistoren, insbesondere IGBT, mit gleichartigen statischen und dynamischen Parametern ist im Aufbau der Schaltungsanordnung auf ein gleichartiges Schalten der einzelnen Kommutierungskreise zu achten. Unterschiedliche Gatespannungen infolge von parasitären Induktivitäten führen zu unterschiedlichen Belastungen einzelner Schalttransistoren, was bei maximaler Last zu Überlastung der kritischen Einzelschalter führt.

Der Zwischenkreisaufbau muß in Erweiterung der dargelegten Erkenntnisse durch die Wahl seiner Geometrie der Zielstellung minimierter parasitärer Induktivitäten Rechnung tragen. Das wird dadurch erreicht, daß gleichstromseitig immer gleiche und symmetrische Abstände jedes einzelnen Kommutierungskreises von Energiequelle oder Energieverbraucher realisiert werden.

Die Aufteilung von Quelle oder Verbraucher kann bei

flächigem und rechteckigen Aufbau folglich nur in zwei Ästen erfolgen, wobei jeder Ast kurz ist, aber gleiche Länge besitzen soll, so daß insgesamt ein symmetrischer Aufbau gegeben wird.

Bei weiterer Leistungserhöhung in einer Schaltungsanordnung durch weitere Parallelschaltung ist es nur möglich, jeden der zwei Äste wiederum in zwei Äste unter gleichen Bedingungen aufzuteilen. So ist es für Hochleistungsanordnungen mit hoher Packungsdichte nur möglich, entweder 2, 4, 8, 16 oder weitere Glieder dieser Reihe, Einzelschalter in eine Einheit zusammenzuschalten. Dabei muß immer konstruktiv die eng benachbarte und in gleichem Sinne aufgebaute Zwischenkreisschiene beider Gleichstrompole beachtet werden.

Fig. 4 skizziert einen funktionell störanfälligen Gleichstromsteller analog zu Fig. 3. Sollte ein Verschalten von mehreren Linien, der wegen der Spannungsfestigkeit in Reihe geschalteter zwei Kondensatoren, erforderlich sein, dann ist eine solche, wie die skizzierte Schaltung nach Fig. 4 nur dann erfinderisch, wenn die hier beispielhaft vier Kondensatorlinien, nicht wie abgebildet auf der + -Seite der Kondensatorreihen untereinander verbunden werden (bzw. mit der entsprechenden Zwischenkreisschiene), sondern auf der gezeichneten - -Seite paarig gebündelt werden, also symmetrisch je zwei, wonach dann diese Zweierbündelung wiederum symmetrisch zusammengeschaltet wird. Nur dadurch ist die Wegstrecke von den einzelnen Kommutierungskreisen zu der Einspeisung oder zu dem zweiten Schaltungsteil mit gleichen parasitären Induktivitäten behaftet.

Fig. 5 skizziert das Schaltbild einer erfindungsgerechten Schaltungsanordnung. Die Zielstellung einer gleichmäßigen Stromverteilung über alle IGBT-Schalter bei allen Betriebszuständen und gleiche Gatespannungen bei laufendem Betrieb kann erreicht werden.

In dem Schaltbild sind alle auftretenden parasitären Induktivitäten ( $L \dots$  außer  $L_1$ ) dargestellt. Ohne die schaltungstechnischen Einzelheiten der für den Fachmann bekannten und nach dem Stand der Technik mit Einzelbauteilen verschalteten Anordnung zu diskutieren, sollen hier nur die erfindungsrelevanten Erkenntnisse aufgezeigt werden.

Die parasitären Induktivitäten in allen Kollektorschlüssen der IGBT-Schalter ( $L_{ci}$ ), in allen Emitteranschlüssen der IGBT-Schalter ( $L_{ei}$ ), in allen Freilaufdioden ( $L_a$  und  $L_k$ ), in allen Lastanschlüssen ( $L_q$ ,  $L_o$ ) und in allen Zwischenkreisanschlüssen ( $L_{+1}$ ,  $L_{-1}$ ,  $L_{+2}$ ,  $L_{-2}$ ) müssen jeweils untereinander gleich sein. Weiterhin ist darauf zu achten, daß alle ohmschen Widerstände ( $R \dots$ ) in allen Kollektor- und Emitteranschlüssen der IGBT-Schalter, aller Freilaufdioden und der Last- bzw. Zwischenkreisanschlüsse auch jeweils untereinander gleich sind. Die einzelnen möglichen Betriebszustände einer Schaltung nach Fig. 5 sollen an dieser Stelle aufgeführt werden:

1. Zustand: Es fließt ein stationärer Strom, das bedeutet, daß die IGBT dauernd eingeschaltet sind, der Laststrom ist konstant.
2. Zustand: Der Stromfluß wird gestartet oder beendet, die Stromaufteilung beim Einschalten bzw. Ausschalten der IGBT ist entscheidend.
3. Zustand: Die Stromaufteilung verändert sich bei Kurzschluß der Last, der Laststrom steigt schnell an.
4. Zustand: Ein Brückenkurzschluß tritt ein, das bedeutet (beispielhaft in Bild 5) einen Diodendefekt.

Nach der Erfindung werden die Betriebszustände 1, 2. und 3. beherrscht, das bedeutet, daß hier immer (statisch und dynamisch) eine gleichmäßige Stromaufteilung stattfindet.

Bei einem Brückenkurzschluß (Ausfall einer Diode durch Aufheben der Sperrwirkung) ist eine gleichmäßige Stromaufteilung allerdings nicht mehr gegeben. Durch Suppressordioden ( $D_s$ ) zwischen Gate und Emitter oder zwischen Gate und Hilfsemitter können in diesem Betriebszustand die entstehenden Ungleichmäßigkeiten in den Gatespannungen jedoch begrenzt werden.

#### Patentansprüche

1. Leistungshalbleiterschaltungsanordnung mit zwei, vier, acht oder einem Vielfachen dieser Reihe, parallelgeschalteten Leistungshalbleiter, wobei diese Leistungshalbleiter zwischen einem positiven und einem negativen Stromanschluß einer Gleichstromspannungsquelle und zwischen den Wechselstromlastanschlüssen (Wechselrichter) oder zwischen der Wechselstromquelle und den Gleichstromlastanschlüssen (Gleichrichter) festgelegt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die positiven und die negativen Stromanschlüsse der Leistungshalbleiterschalter als Zwischenkreis eng benachbart nur durch eine Isolierfolie voneinander getrennt jeweils paarig mit gleichen Längen und Querschnitten bis zum Hauptanschluß symmetrisch zusammengefaßt sind, alle Verbindungen des Zwischenkreises zu äußeren Schaltungs- und Verbindungsteilen induktivitätsarm durch Schellen (8) realisiert und die Kondensatoren mit minimierten parasitären Induktivitäten in elektrisch alternierender Reihenfolge ihrer Anschlüsse zwischen den Gleichstromhauptanschlüssen angeordnet sind.
2. Leistungshalbleiterschaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die parasitären Induktivitäten  $L_{+1}$ ,  $L_{+2}$ ,  $L_{-1}$ ,  $L_{-2}$ ,  $L_{+3}$ ,  $L_{+4}$ ,  $L_{-3}$ ,  $L_{-4}$  jeweils untereinander gleich und durch ihre konstruktive Geometrie in der Schaltungsanordnung klein sind.
3. Leistungshalbleiterschaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schellen (8) in ihrer Form rechteckig gestaltet sind, bei ihrer Anwendung die Enden der Zwischenkreisschienen (4, 4', 6, 6') überlappen und mittels isolierter Verschraubung (18) eine ohmsche Verbindung zwischen vier Teilen von Zwischenkreisschienen gleichzeitig herstellen.
4. Leistungshalbleiterschaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kondensatoren im zusammengefaßten Hauptanschluß zwischen der Plusschiene (4) und der Minusschiene (6) des Gleichstromzwischenkreises zur Stromglättung geschaltet sind.
5. Leistungshalbleiterschaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei paralleler Kondensatoranordnung der Reiheneingang aller paralleler Kondensatoren mit der einen und der Reihenausgang mit der anderen Zwischenkreisschiene verbunden wird, wobei die Verbindung (24) alle entsprechenden Pole der parallelen Kondensatorlinien untereinander einzeln oder im Block erfolgen kann, wodurch dann der Gesamtblock der parallelgeschalteten Kondensatoren eine alternierende Kettung der Polung aufweist, oder bei Zuordnung der Kondensatoren zu den einzelnen

Kommutierungskreisen eine Bündelung der Gleichstromspeisung, bzw. der Laststromanschlüsse paarig erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

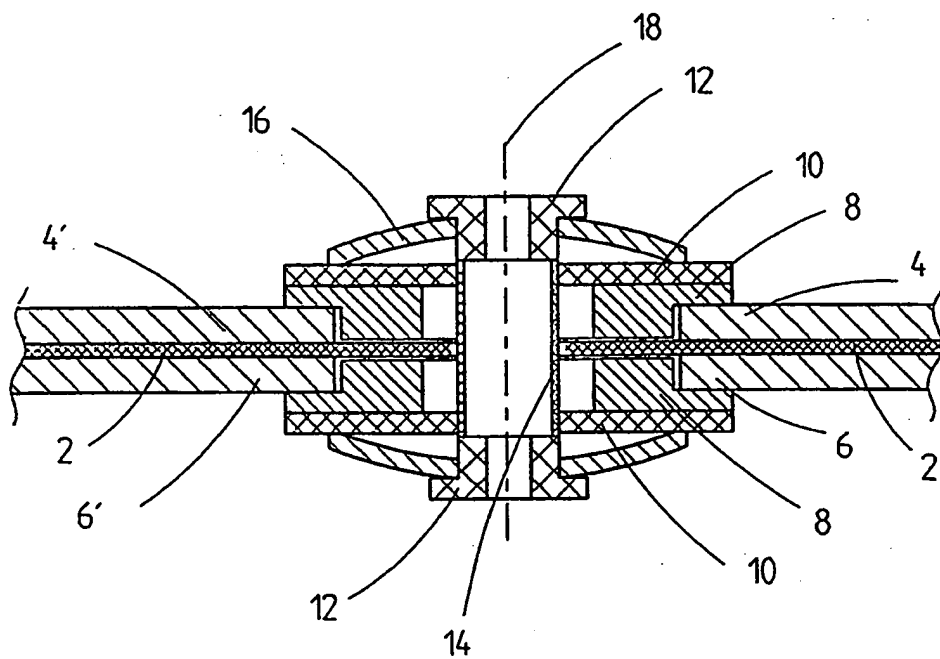


FIG. 1

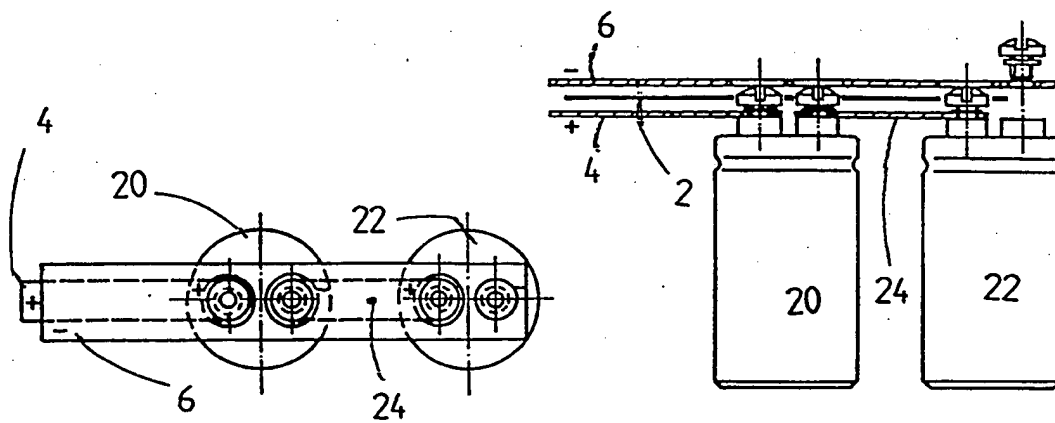


FIG. 2a

FIG. 2b

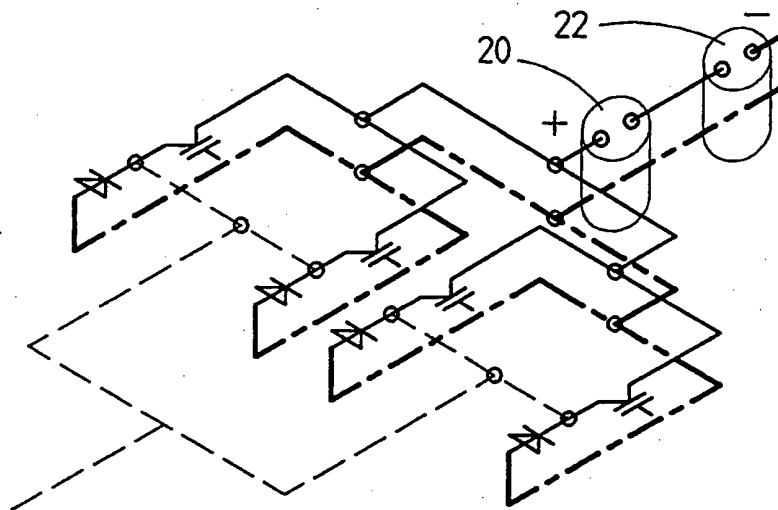


FIG. 3

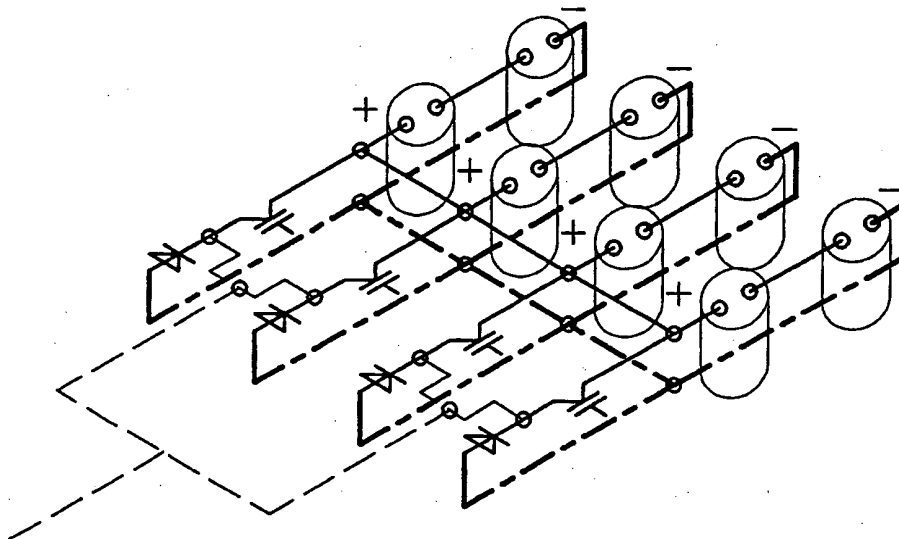


FIG. 4



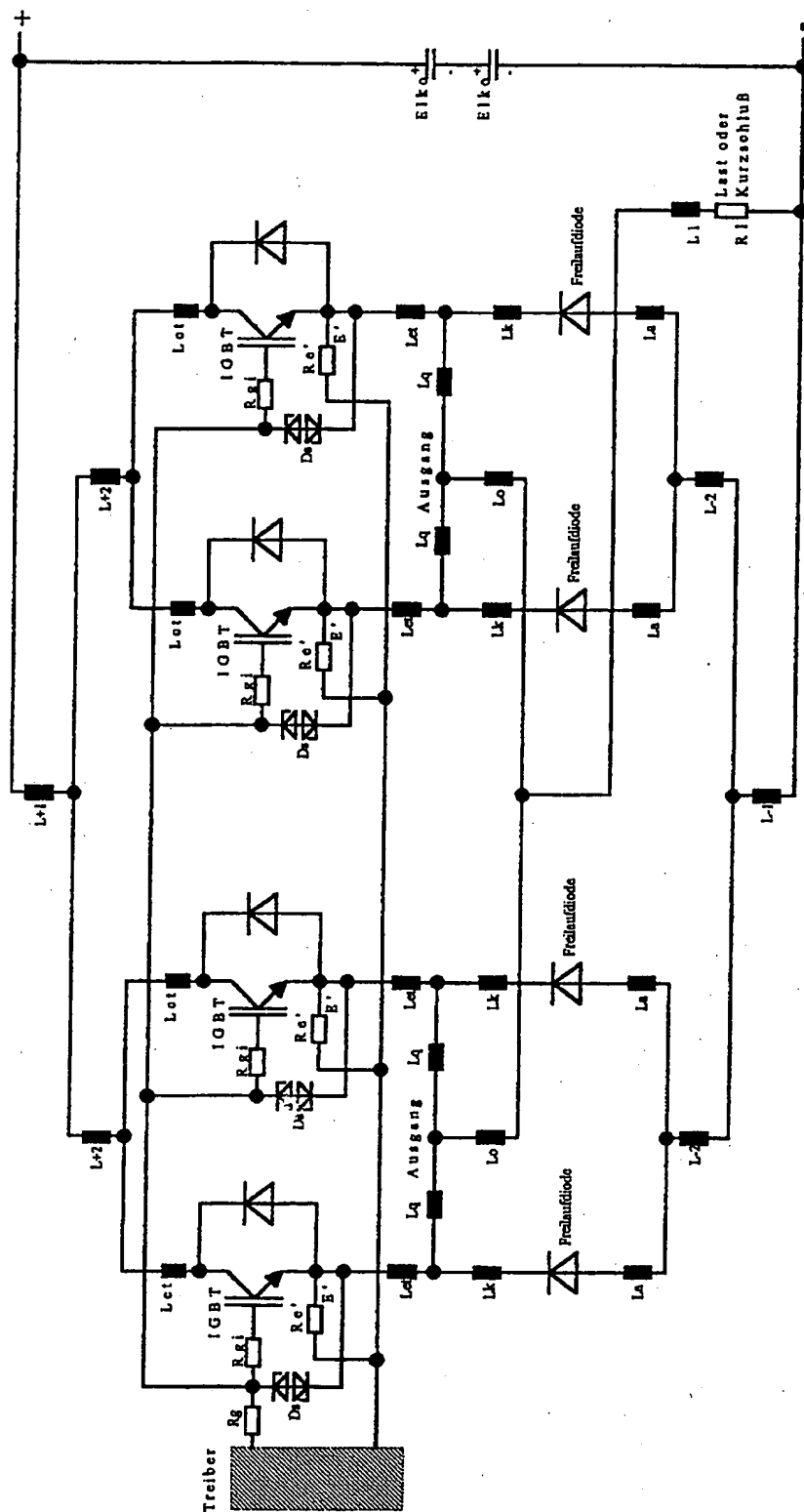


FIG. 5

